

(51)

Int. Cl.:

H 01 s, 3/11

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



(52)

Deutsche Kl.: 21 g, 53/02

(10)

(11)

(21)

(22)

(43)

Offenlegungsschrift 1 614 647

Aktenzeichen: P 16 14 647.7 (S 112686)

Anmeldetag: 3. November 1967

Offenlegungstag: 9. Juli 1970

Ausstellungspriorität: —

(31)

Unionspriorität

(32)

Datum: —

(33)

Land: —

(31)

Aktenzeichen: —

(54)

Bezeichnung.

Optischer Molekularverstärker für impulsförmigen Betrieb

(61)

Zusatz zu: —

(62)

Ausscheidung aus: —

(71)

Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

Vertreter: —

(72)

Als Erfinder benannt:

Röß, Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. Dieter, 8000 München

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): 15. 8. 1969

ORIGINAL INSPECTED

BEST AVAILABLE COPY

G 6.70 009 828/1478

8/80

1614647

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

München 2, den 3. NOV 1967,
Wittelsbacherplatz 2

67/3083

Optischer Molekularverstärker für impuls-
förmigen Betrieb

Die Erfindung bezieht sich auf einen optischen Molekular-
verstärker für impulsförmigen Betrieb, insbesondere Riesen-
impulslaser.

Anordnungen dieser Art bestehen aus wenigstens einem Laser-
oszillator, mit einem optischen Resonator, innerhalb dessen
das gepumpte aktive Material zusammen mit einem Güteschal-
ter, vorzugsweise ein sättigbares Absorptionsfilter, ange-

JH/Sch.

009828/1478

BAD ORIGINAL
- 2 -

ordnet ist. Der Güteschalter hat hierbei die Aufgabe, durch Sperren des optischen Resonators eine Inversion des aktiven Materials durch die Pumpenergiequelle bis zu sehr hohen Inversionswerten zu ermöglichen. In diesem Falle setzt sich dann die gespeicherte Energie bei der Freigabe des optischen Resonators durch Schließen des Güteschalters in einen sehr kurzzeitigen Lichtblitz hoher Spitzenleistung von der Dauer einiger nsec um. Im Anschluß an die Abgabe eines solchen, als Riesenimpuls bezeichneten Lichtblitzes wird der Güteschalter wieder geschlossen, um die Ausbildung einer normalen Laserschwingung zu verhindern. Als Güteschalter eignen sich, wie bereits angedeutet worden ist, sättigbare Absorptionsfilter, die bei Anwachsen der Inversion unter einen bestimmten Wert wieder schließen. Als aktive Materialien kommen bei solchen Riesenimpulslasern vor allem Kristalle, beispielsweise Rubin, zur Anwendung.

Zur Erzeugung hoher Spitzenleistungen muß das aktive Material im Resonator ein relativ großes Volumen aufweisen, für das dann auch eine entsprechend energiereiche Pumpquelle vorzusehen ist. Es ist bekannt, daß sich Riesenimpulse auch bei relativ kleinen Materialvolumina im Resonator dann verwirklichen lassen, wenn der eigentliche Laseroszillator mit einem einen Wanderfeldverstärker darstellenden Laserverstärker kombiniert wird. Die besondere Eigenschaft einer solchen Anordnung ist darin zu sehen,

009828/1478

BAD ORIGINAL
- 2 -

161

1614647

PA 9/502/35

- 3 -

daß das Ausgangssignal des Laseroszillators den Laserverstärker bereits nach kurzer Laufstrecke durch Übersteuerung in die Sättigung treibt. Der vom Laseroszillator erzeugte, dem Eingang des nachgeschalteten Laserverstärkers zugeführte Impuls wird dabei zunächst hinsichtlich seiner Anstiegsflanke linear verstärkt. Bei Erreichen des Sättigungspegels bricht die Inversion des Laserverstärkers zusammen und der Impuls fällt steil ab. Durch die Sättigung wird, mit anderen Worten, eine Versteilerung der Anstiegsflanke und eine Impulsverkürzung unter gleichzeitiger Erhöhung der Impulsenergie erhalten.

Bei relativ kleinen Abmessungen des Laseroszillators und des ihm nachgeschalteten Laserverstärkers ist es auf diese Weise möglich, bei einer Impulsenergie von 1 Wsec einen Impuls von der Dauer 10 nsec zu erzeugen und diesen im nachfolgenden Verstärker auf 10 bis 50 Wsec zu verstärken. Dabei tritt durch die Sättigung eine Impulsverkürzung auf etwa 0,5 nsec auf, was zu Spitzenleistungen bis zu 100 GW führt. Bei solchen Leistungen wird der Verstärker mit Sicherheit in einem Impuls zerstört.

Bei der Anwendung von Riesenimpulslasern für Laser-Radar über große Entfernungen wird die Meßgrenze durch das Quantenrauschen bestimmt. Für die meßbare Entfernung ist

BAD ORIGINAL

009828/1478

- 4 -

deshalb allein die Impulsenergie wichtig. Eine erwünschte Meßgrenze läßt sich daher auch mit ausreichender Auflösung dann erreichen, wenn bei gegebener Impulsenergie durch eine größere Dauer des Riesenimpulses die Spitzenleistung wesentlich herabgesetzt ist. Der Herabsetzung der Spitzenleistung auf ein erträgliches Maß steht entgegen, daß Laseroszillatoren mit Einzelpulssteuerung bei hoher Impulsenergie automatisch Impulse mit einer Dauer unterhalb 30 nsec erzeugen. Die Sättigungserscheinungen des nachgeschalteten Laserverstärkers erzwingen darüber hinaus, wie bereits erläutert worden ist, eine weitere Impulsverkürzung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für eine Anordnung zur Erzeugung von Riesenimpulsen der einleitend beschriebenen Art eine einfache Lösung für die Herabsetzung der Spitzenleistung unter Wahrung der erreichbaren Verstärkungswerte für die Impulsenergie anzugeben.

Ausgehend von einem optischen Molekularverstärker für impulsförmigen Betrieb, insbesondere Riesenimpulslaser, bestehend aus einem Laseroszillator und einem nachgeschalteten Laserverstärker, bei dem der Laseroszillator einen optischen Resonator aufweist, innerhalb dessen das gepumpte aktive Material zusammen mit einem Güteschalter, vorzugsweise ein sättigbares Absorptionsfilter, angeordnet ist und bei dem

BAD ORIGINAL

der Laserverstärker von einem weiteren gepumpten aktiven Material gebildet ist, wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß in Richtung der Ausgangsstrahlung hinter dem Laseroszillator ein optisches, die Dauer eines Laserimpulses bei gegebener Impulsenergie vergrößerndes impulsformendes Glied angeordnet ist.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß sich die Vergrößerung der Dauer der vom Laseroszillator abgebbaren Impulse unter Zuhilfenahme einer geeignet ausgebildeten optischen Verzögerungseinrichtung in außerordentlich einfacher Weise verwirklichen läßt.

Das optische impulsformende Glied kann vorteilhaft aus einer Anordnung reflektierender Flächen bestehen, zwischen denen die impulsförmige Oszillatorausgangsstrahlung umläuft. Hierbei ist wenigstens eine der reflektierenden Flächen teildurchlässig ausgebildet.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung besteht das optische impulsformende Glied aus zwei zueinander parallel angeordneten Spiegeln. Die impulsförmige Oszillatorausgangsstrahlung ist in diesem Falle in einem geringfügig von 90° abweichenden Strahlwinkel auf die Spiegelflächen so ausgerichtet, daß sie im Zuge der aufeinanderfolgenden Reflexionen an den Spiegelflächen über die Spiegelflächen hinwegwandern.

BAD ORIGINAL

009828/1478

- 6 -

Eine solche Spiegelanordnung kann einerseits zwischen dem Laseroszillator und dem Laserverstärker angeordnet sein, wobei der die teildurchlässigen Eigenschaften aufweisende Spiegel auf seiten des Laserverstärkers angeordnet ist. Andererseits gibt dieser Grundaufbau für ein solches Glied aber auch die Möglichkeit, den Laserverstärker dadurch in das optische impulsformende Glied mit einzubeziehen, daß die ausgangsseitige Endfläche des den Laserverstärker darstellenden gepumpten aktiven Materials als teildurchlässiger Spiegel ausgebildet wird.

Bei dieser Anordnung ist also der Laserverstärker selbst in Strahlrichtung zwischen zwei Spiegeln angeordnet. Das bringt die Gefahr mit sich, daß der Laserverstärker sich selbst erregt. Es werden daher zweckmäßig Maßnahmen getroffen, die eine solche Selbsterregung mit Sicherheit verhindern. Dies kann in einfacher und vorteilhafter Weise dadurch geschehen, daß im Zuge des Laserverstärkers zwischen den beiden Spiegeln zusätzlich ein optischer Schalter, vorzugsweise ein sättigbares Absorptionsfilter, angeordnet wird.

Die bei jeder Reflexion am teildurchlässigen Spiegel durch den Spiegel hindurch nach außen abgegebenen Teilkomponenten des primären, gegebenenfalls im Laserverstärker bereits

BAD ORIGINAL

verstärkten Impulses setzen sich an der Austrittsstelle zu dem gewünschten, in seiner Dauer vergrößerten Impuls zusammen. Um einen sogenannten "glatten" Impuls zu erhalten, ist es sinnvoll, die Laufzeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reflexionen der Strahlung auf der teilweise durchlässigen Reflexionsfläche kleiner als die Dauer eines primären Lichtimpulses zu bemessen.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit für die Ausbildung eines optischen impulsformenden Gliedes kann darin bestehen, dieses Glied durch einen von reflektierenden Flächen gebildeten Resonator zu verwirklichen, der für den Grundmode der ihm zugeführten Oszillatorausgangsstrahlung bemessen ist.

Im allgemeinen ist die durch Inversion von Energieniveaus im aktiven Material unter Verwendung eines Resonators angeregte stimulierte Emission nicht auf den Grundmode des Resonators beschränkt. Es erfolgt vielmehr gleichzeitig noch eine Anregung der Emission in einer ganzen Reihe axialer und transversaler Moden höherer Ordnung. Diese Anregung in einer größeren Anzahl verschiedener Moden hat eine ungleichmäßige Belastung des nachgeschalteten Laserverstärkers über seinen Querschnitt zur Folge. Mit Rücksicht auf die hohe Spitzenleistung der Impulse

009828/1478

- 8 -
BAD ORIGINAL

einerseits und der damit verbundenen latenten Gefahr von Materialzusammenbrüchen andererseits und einer erwünschten optimalen Ausnutzung der Verstärkungseigenschaften des Laserverstärkers ist es zweckmäßig, den Querschnitt der impulsförmigen Oszillatorausgangsstrahlung durch beugungsbegrenzte optische Hilfsmittel, z.B. Blenden, für eine Sättigung des dem Laseroszillator nachgeschalteten Laserverstärkers über seinen gesamten Querschnitt hinweg zu bemessen.

Anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen soll die Erfindung im folgenden noch näher erläutert werden. In der Zeichnung bedeuten

- Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel nach der Erfindung,
- Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel nach der Erfindung,
- Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel nach der Erfindung.

Bei der in der Fig. 1 schematisch dargestellten Anordnung zur Erzeugung von Riesenimpulsen ist das optische impulsformende Glied zwischen dem Laseroszillator und dem Laserverstärker angeordnet. Der Laseroszillator besteht aus einem Resonator mit zwei zueinander parallelen Spiegeln So und So', zwischen denen in der Achse des optischen Resonators ein stabförmiges gepumptes aktives Material M in Reihe mit

einem sättigbaren Absorber A angeordnet sind. Das aktive Material M, beispielsweise ein Rubinstab, wird von einer durch Pfeile angedeuteten Pumplichtquelle bis zu hohen Inversionswerten solange gepumpt, bis der Absorber A in Sättigung geht und damit den Resonator für die Ausbildung der stimulierten Emission in Form eines Riesenimpulses freigibt. Der Spiegel So' ist teildurchlässig ausgebildet und gibt den erzeugten Impuls an das aus zwei weiteren zueinander parallel angeordneten Spiegeln S1 und S1' bestehende optische impulsformende Glied ab. Die Spiegel S1 und S1', von denen der Spiegel S1' teildurchlässig ausgebildet ist, sind gegen den Ausgangsstrahl des Laseroszillators unter einem von 90° leicht abweichenden Winkel geneigt, so daß der Ausgangsimpuls unter ständigen Reflexionen zwischen den beiden Spiegeln über die Spiegelfläche hinweg nach unten auswandert. Während jeder Reflexion am Spiegel S1' wird ein Teil der Energie des eingekoppelten Lichtimpulses zu dem aus dem gepumpten aktiven Material M' bestehenden, in Strahlrichtung hinter dem Spiegel S1' angeordneten Laserverstärker abgegeben. Sämtliche Teilstrahlen sind zueinander parallel ausgerichtet und ergeben zusammen aufgrund der Laufzeitverzögerung innerhalb des optischen impulsformenden Gliedes die gewünschte Vergrößerung der Dauer des Primärimpulses.

BAD ORIGINAL

Das Ausführungsbeispiel nach der Fig. 2 entspricht dem Ausführungsbeispiel nach der Fig. 1 mit dem Unterschied, daß hier der aus dem gepumpten aktiven Material M' bestehende Laserverstärker in das optische impulsformende Glied mit einbezogen ist. Das optische impulsformende Glied selbst besteht wiederum aus zwei zueinander parallelen Spiegeln $S2$ und $S2'$, von denen der Spiegel $S2'$ teildurchlässig ausgebildet und hier die strahlausgangsseitige Endfläche des aktiven Materials M' bildet. Um zu verhindern, daß die beiden Spiegel $S2$ und $S2'$ im Sinne eines Laserverstärker zu Schwingungen anregenden Resonators wirksam werden können, ist auf seiten des Spiegels $S2$ zwischen dem Spiegel $S2$ und dem aktiven Material M' ein sättigbarer Absorber A' angeordnet, dessen absorbierende Eigenschaften so bemessen sind, daß die vom Ausgang des Laseroszillators in die Spiegelanordnung eingekoppelte impulsförmige Laserstrahlung in ihrem gesamten Strahlverlauf zwischen den Spiegeln $S2$ und $S2'$ den Absorber A' in die Sättigung überführt.

Bei der Anordnung nach der Fig. 3, bei der das optische impulsformende Glied entsprechend der Ausführungsform nach der Fig. 1 wiederum zwischen dem Laseroszillator und dem Laserverstärker angeordnet ist, bilden die beiden zueinander parallelen Spiegel $S3$ und $S3'$ einen Resonator, der für den Grundmode der vom Laseroszillator erzeugten

009828/1478

- 11 -

BAD ORIGINAL

impulsförmigen Ausgangsstrahlung bemessen ist. Auch dieses impulsformende Glied leistet eine Vergrößerung der Dauer des Primärimpulses, die hier durch das Abklingen der in den Resonator eingekoppelten Energie auf Grund der über den teildurchlässigen Spiegel $S3'$ an den Laserverstärker abgegebenen Strahlung bestimmt ist.

Wie bereits erwähnt worden ist, kann die Sättigung des Laserverstärkers über seinen gesamten Querschnitt hinweg dadurch erreicht bzw. verbessert werden, daß die Oszillatorausgangsstrahlung modenselektiven, die Beugung der Strahlung begrenzenden optischen Hilfsmitteln, wie Blenden, Linsen oder Kombinationen hiervon, ausgesetzt wird. Diese optischen Hilfsmittel werden, bezogen auf die erläuterten Ausführungsbeispiele nach den Fig. 1 bis 3, sinnvoll zwischen dem impulsformenden Glied und dem Laseroszillator vorgesehen. Beim Ausführungsbeispiel nach der Fig. 3 können zusätzlich weitere optische Hilfsmittel dieser Art zwischen dem aus den Spiegeln $S3$ und $S3'$ gebildeten Resonator und dem Laserverstärker vorgesehen sein.

9 Patentansprüche

3 Figuren

BAD ORIGINAL

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Optischer Molekularverstärker für impulsförmigen Betrieb, insbesondere Riesenimpuls laser, bestehend aus einem Laseroszillator und einem nachgeschalteten Laserverstärker, bei dem der Laseroszillator einen optischen Resonator aufweist, innerhalb dessen das gepumpte aktive Material zusammen mit einem Güteschalter, vorzugsweise ein sättigbares Absorptionsfilter, angeordnet ist und bei dem der Laserverstärker von einem weiteren gepumpten aktiven Material gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß in Richtung der Ausgangsstrahlung hinter dem Laseroszillator ein optisches, die Dauer eines Lasersimpulses bei gegebener Impulsenergie vergrößerndes impulsformendes Glied angeordnet ist.
2. Optischer Molekularverstärker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das optische impulsformende Glied aus einer Anordnung reflektierender Flächen besteht, zwischen denen die impulsförmige Oszillatorausgangsstrahlung umläuft, und daß wenigstens eine der reflektierenden Flächen teildurchlässig ausgebildet ist.
3. Optischer Molekularverstärker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das optische impulsformende Glied aus zwei zueinander parallel angeordneten Spiegeln (S_1, S_1') besteht und daß die impulsförmige Oszillator-

ausgangsstrahlung in einem geringfügig von 90° abweichenden Strahlwinkel auf die Spiegelflächen so ausgerichtet ist, daß sie im Zuge der aufeinanderfolgenden Reflexionen an den Spiegelflächen über die Spiegelflächen hinwegwandern.

4. Optischer Molekularverstärker nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserverstärker in das optische impulsformende Glied dadurch mit einbezogen ist, daß das die ausgangsseitige Endfläche des den Laserverstärker darstellenden gepumpten aktiven Materials als teildurchlässiger Spiegel (S_2') des aus zwei zueinander parallelen Spiegeln (S_2, S_2') bestehenden optischen impulsformenden Gliedes ausgebildet ist.
5. Optischer Molekularverstärker nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Zuge des Laserverstärkers ein Schwingungen des Laserverstärkers (M') unterdrückender optischer Schalter, vorzugsweise ein sättigbares Absorptionsfilter (A'), angeordnet ist.
6. Optischer Molekularverstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das optische impulsformende Glied zwischen dem Laseroszillator und dem Laserverstärker (M') angeordnet ist.

BAD ORIGINAL

009828/1478

7. Optischer Molekularverstärker nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische impulsformende Glied für eine Laufzeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reflexionen der impulsförmigen Oszillatorstrahlung auf der teilweise durchlässigen Reflexionsfläche kleiner als die Dauer eines primären Lichtimpulses bemessen ist.
8. Optischer Molekularverstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das optische impulsformende Glied ein von reflektierenden Flächen gebildeter Resonator ist, der für den Grundmode der ihm zugeführten Oszillatorausgangsstrahlung bemessen ist.
9. Optischer Molekularverstärker nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der impulsförmigen Oszillatorausgangsstrahlung durch beugungsbegrenzte optische Hilfsmittel, z.B. Blenden, für eine Sättigung des dem Laseroszillator nachgeschalteten Laserverstärkers (M') über seinen gesamten Querschnitt hinweg bemessen ist.

BAD ORIGINAL

009828/1478

Fig.1

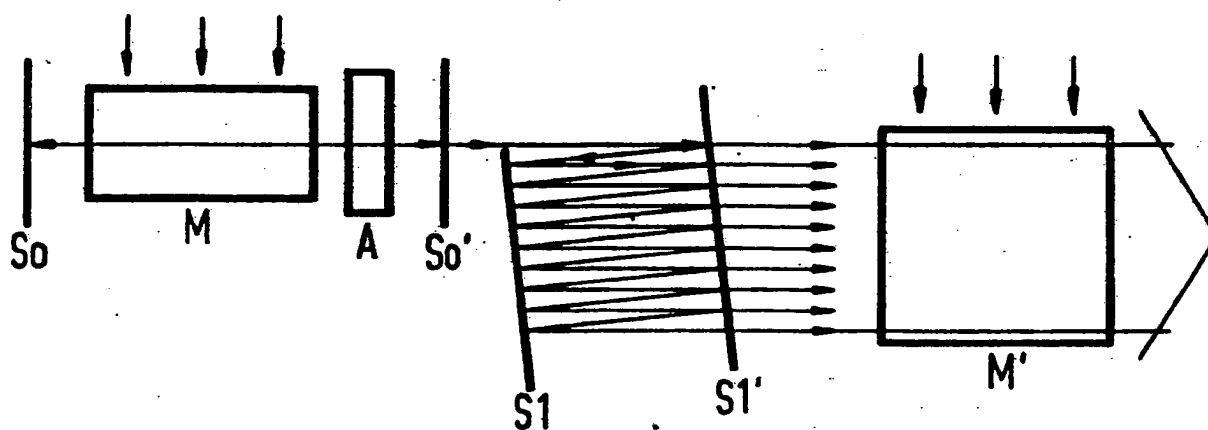


Fig. 2

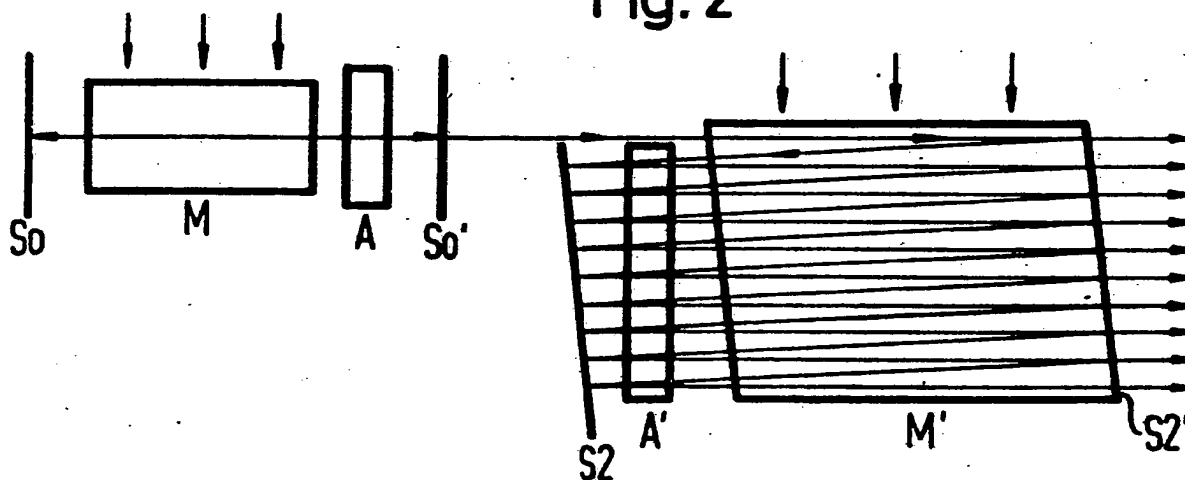
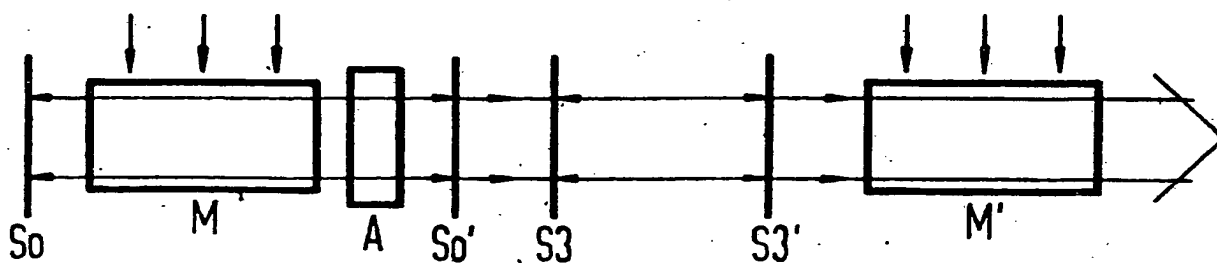


Fig.3



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)